

科技部補助專題研究計畫報告

應用化學傳訊物質防治台灣鋏蠓

報告類別：成果報告
計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 108-2321-B-041-001-
執行期間：108年08月01日至109年07月31日
執行單位：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學生物科技系(含碩士班)

計畫主持人：羅怡珮

計畫參與人員：碩士級-專任助理：簡良芬

本研究具有政策應用參考價值：☐否 ☒是，建議提供機關行政院環境保護署, 衛生福利部, 行政院農業委員會
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現：☐否 ☒是

中 華 民 國 109 年 09 月 30 日

中文摘要：台灣缺蠓(*Forcipomyia taiwana*)是台灣地區重要的環境衛生害蟲，迄今仍持續研發有效非傳統化學防治的方法。本研究開發台灣缺蠓嗅覺誘引測試平台，以雙向嗅覺誘引裝置進行定量檢測化學物質對台灣缺蠓的誘引效果，以9~12天、已完成交尾的雌成蟲進行測試，試驗結果顯示以碳酸氫銨(10%)、芥酸(10 ppb)及乳酸鈉和碳酸氫銨混合物(13%、5%)進行測試，約可以達到以人體誘引效果的61~68%。本研究採用的台灣缺蠓雙向嗅覺誘引裝置，可敏感且簡便進行新化學誘引物質的篩選、藉由本研究結果，期能開發大量誘殺台灣缺蠓雌成蟲的技術為台灣缺蠓的防治策略，以減少雌蟲擾人吸血的困擾。

中文關鍵詞：台灣缺蠓、雙向嗅覺誘引裝置、嗅覺刺激物、誘引率、誘引指數

英文摘要：Biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) is one of the most nuisance blood-sucking insect in Taiwan. The non-chemical control strategy surveillances were sustainable conducted. To assess the attractant efficacy of chemical stimulants, a dual-port olfactometer to quantitatively investigate the response of biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae) to host-derived volatiles was developed. The 9-12 day old, copulated female biting midges were tested to human odors and the chemicals basis for this phenomenon. Our findings indicate the *F. taiwana* relies on the ammonium bicarbonate solution (10%), erucic acid solution (10 ppb) and combining sodium lactate solution (13%) and ammonium bicarbonate solution (5%). The presented bioassay is the especially suited to the biting midge, the sensitivity, and the simplicity of the testing procedure, it is a potent tool in the search for new attractive components. It is hoped this work will facilitate further research in chemical ecology of *F. taiwana*. The potential use of the attractants for biting midge control is discussed.

英文關鍵詞：*Forcipomyia taiwana*, dual-port olfactometer, odor stimulus, catch rate, catch index.

科技部補助專題研究計畫成果報告
期末報告

應用化學傳訊物質防治台灣鋏蠓

計畫類別：■個別型計畫 □整合型計畫

計畫編號：MOST 108-2321-B-041-001 -

執行期間：108 年 08 月 01 日至 109 年 07 月 31 日

執行機構及系所：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學生物科技系

計畫主持人：羅怡珮

計畫參與人員：碩士級專任研究研究助理 簡良芬

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 ____ 份：

- ☐執行國際合作與移地研究心得報告
- ☐出席國際學術會議心得報告
- ☐出國參訪及考察心得報告

中華民國 109 年 09 月 30 日

目 錄

目 錄.....	I
中文摘要.....	II
Abstract.....	III
一、 前言.....	1
二、 研究目的.....	1
三、 文獻探討.....	2
四、 研究方法.....	5
(一)、 台灣鋏蠋的大量飼養.....	5
1. 建立小球藻培養最適條件，提供台灣鋏蠋幼蟲足夠食物。.....	5
2. 確認台灣鋏蠋飼養、交配、產卵、繼代繁殖的流程。.....	5
(二)、 以嗅覺測試平台進行化學傳訊物質對台灣鋏蠋誘引試驗.....	8
1. 供試台灣鋏蠋.....	8
2. 台灣鋏蠋的嗅覺測試平台誘引試驗裝置.....	8
3. 誘引物質配製.....	9
五、 結果與討論（含結論與建議）.....	10
六、 參考文獻.....	15

中文摘要

台灣鈹蠓(*Forcipomyia taiwana*)是台灣地區重要的環境衛生害蟲，迄今仍持續研發有效非傳統化學防治的方法。本研究開發台灣鈹蠓嗅覺誘引測試平台，以雙向嗅覺誘引裝置進行定量檢測化學物質對台灣鈹蠓的誘引效果，以 9~12 天、已完成交尾的雌成蟲進行測試，試驗結果顯示以碳酸氫銨 (10%)、芥酸(10 ppb) 及乳酸鈉和碳酸氫銨混合物 (13%、5%) 進行測試，約可以達到以人體誘引效果的 61~68%。本研究採用的台灣鈹蠓雙向嗅覺誘引裝置，可敏感且簡便進行新化學誘引物質的篩選、藉由本研究結果，期能開發大量誘殺台灣鈹蠓雌成蟲的技術為台灣鈹蠓的防治策略，以減少雌蟲擾人吸血的困擾。

關鍵詞：

台灣鈹蠓、雙向嗅覺誘引裝置、嗅覺刺激物、誘引率、誘引指數。

Abstract

Biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) is one of the most nuisance blood-sucking insect in Taiwan. The non-chemical control strategy surveillances were sustainable conducted. To assess the attractant efficacy of chemical stimulants, a dual-port olfactometer to quantitatively investigate the response of biting midge, *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae) to host-derived volatiles was developed. The 9-12 day old, copulated female biting midges were tested to human odors and the chemicals basis for this phenomenon. Our findings indicate the *F. taiwana* relies on the ammonium bicarbonate solution (10%), erucic acid solution (10 ppb) and combining sodium lactate solution (13%) and ammonium bicarbonate solution (5%). The presented bioassay is the especially suited to the biting midge, the sensitivity, and the simplicity of the testing procedure, it is a potent tool in the search for new attractive components. It is hoped this work will facilitate further research in chemical ecology of *F. taiwana*. The potential use of the attractants for biting midge control is discussed.

Key words:

Forcipomyia taiwana, dual-port olfactometer, odor stimulus, catch rate, catch index.

一、前言

台灣鈹蠓 (小黑蚊)(*Forcipomyia taiwana*)是嚴重的騷擾性害蟲，台灣首先於 1913 年有紀錄台灣鈹蠓 (Shiraki, 1913)，危害迄今已超過一百年，在台灣地區各處都有分布，且漸漸有入侵都市的趨勢。台中國立自然科學博物館在每年的 5-7 月是台灣鈹蠓活動的高峰期，館方建議訪客盡可能著薄長褲鞋襪及噴防蚊液以防止小黑蚊叮咬。在台南市的國中、國小校區也都有危害紀錄。105 年新竹市為了消滅小黑蚊 清除了香山地區 56 頃紅樹林。107 年高雄甲仙國小的小黑蚊肆虐，學童的手腳都被叮咬成「紅豆冰」。107 年 3 月在台南市東寧公園、歸仁區七甲花市及台南市新化區中興大學新化林場均有採集紀錄，在新化林場 20 分鐘的採集有 54 隻台灣鈹蠓叮咬，站著定點觀察林場地上植物種類時，瞬間手掌就停了 12 隻台灣鈹蠓，在驚蟄過後且雨季尚未開始就有這樣的數量，可以預期雨季後的數量將相當驚人。新化林場因 BOT 經營權更動正進行整修，有工人持續提供血源，重新規劃植物栽種並進行澆水，遊客人數有較 106 年多，應該是台灣鈹蠓數量多於去年的原因。108 年級 109 年在高雄佛光山的紅花鐵道木下及屏東客家園區分別均有被叮咬的紀錄。台灣鈹蠓是雙翅目、蠓科、鈹蠓屬、滅蠓亞屬的昆蟲，成蟲在日間活動。雌成蟲嗜吸人血，因成蟲體長約 1.4mm，在叮咬危害時不易被察覺，又因體型微小，易穿過紗窗和紗門進入室內吸血。台灣鈹蠓主要危害人體的小腿部位，被叮咬的部位會產生癢痛紅腫現象，除了不易消退外，也會產生嚴重過敏反應。雖然台灣鈹蠓在台灣未被證明會傳播任何疾病，但嗜吸人血的習性，確實是重要的騷擾性昆蟲。由於小黑蚊滋生範圍廣泛，不易進行全面性徹底防治，但唯有推動社區共同進行綜合防治，才有機會減緩小黑蚊危害的窘境(李，1996)。在蟲害防治擬定中斷標的昆蟲生活史的策略，是經濟可行的策略，開發防蚊液阻斷雌成蟲吸血產卵，噴灑殺藻劑阻斷幼蟲取食，減少灑水降低溼度等，均曾於相關計畫中試驗並探討防治成效。在綜合防治策略中，環境整頓可依地形地貌採行清除青苔或減少青苔生長的方式；進行教育宣導宜進行居家裝設紗網及個人自身防護使用忌避劑等；化學防治是對付小黑蚊最迅速及有效的防治方法，須注意施藥間隔及次數，施藥時需同時進行成蟲及幼蟲防治，才能發揮藥劑防治的最佳效果(周，1990；李和曾，2006)。

二、研究目的

本團隊已建立台灣銼蠓的飼養技術，包括幼蟲的食物、成蟲交尾條件及雌蟲產卵環境均已成熟，能在實驗室累代飼育。人工餵血技術也已成熟，只要以冷凍乾燥豬血粉還原或急速冷凍的豬血解凍後即可提供台灣銼蠓吸血產卵，所有成的幼蟲數、蛹數及成蟲數與餵食人血的結果不具明顯差異，可取得穩定蟲源進行試驗。並建立化學傳訊素試驗平台及誘引物試驗平台，可誘集相當數量的台灣銼蠓，依此建立的試驗方法，朝化學傳訊素應用於台灣銼蠓防治技術繼續開發研究。本計畫的目的旨在研究以化學傳訊物質做為台灣銼蠓的防治策略，先以誘引劑做為台灣銼蠓綜合防治的一環，擬定成蟲誘集的防治策略。

三、文獻探討

台灣銼蠓的研究自 1960 年代啟動，1990 年代後調查台灣銼蠓的分布範圍已擴及台南以北的地區，高雄縣於 1995 年(王，1997)有台灣銼蠓分布的紀錄，曾在 2006 年調查尚未有台灣銼蠓分布的屏東縣及台東縣也均有台灣銼蠓的危害紀錄(謝，2007)。台灣銼蠓雌成蟲主要在白天進行吸血活動(譚等 1989)，平時隱匿於可固定提供血源場所，如民眾休憩的大樹下、走廊、涼亭、庭院、廟口、雜貨店、騎樓下等，當民眾駐足停留時會被叮咬，其活動範圍往往侷限於數十公尺的範圍(林等，2008)。關於小黑蚊的生物學和生態學已經有完整的研究(Liu et al. 1964, Sun 1967, Sun 1974, Chen et al. 1979, Chen et al. 1981, Lien et al. 1988, Yeh and Chuang 1996, Chuang et al. 2000)，台灣銼蠓是完全變態的昆蟲，完成生活史的卵、幼蟲、蛹及成蟲四個階段約需 20-30 天(Sun, 1967)，成蟲產卵於幼蟲可孳生的地方(楊，2007；劉等 2008；何等 2009)，幼蟲可取食小球藻(*Chlorella* sp.)、絲藻(*Chaetomorpha* sp.)、四球藻(*Tetrachlorella* sp.)、念珠藻及藍綠藻等(何等 2009)。老熟幼蟲會爬行到較乾燥處化蛹，例如飼育容器壁、土表及牆角等。在相對濕度高的環境，成蟲羽化率較高(陳，2005)。因受限於成蟲群舞及交尾行為的影響，大量飼養的瓶頸仍待克服(Yeh and Chuang 1996, Chen et al. 1982, Tan et al. 1989)，實驗室繼代飼育及台灣銼蠓需供應血餐才能產卵，也是延滯研發防治技術的阻力。本團隊於 106 年-107 年獲得科技部補助「研發台灣銼蠓(小黑蚊)防治技術」研究計畫，已成功克服室內繼代飼養的問題(Luo, 2018)，取得大量台灣銼蠓供試昆蟲進行研發防治技術相關試驗。維持實驗室的品系和大量飼養是研究生物學、行為學的基礎，才得以發展害蟲防治策略(Lawyer et al. 2017)。

關於台灣缺蠓的防治可採行環境整頓、個人防護、物理防治、藥劑防治並進行教育宣導(李, 2008)。化學防治對台灣缺蠓具迅速有效性, 以 3-4 次施藥為一個防治期程, 每隔 1-2 星期施藥一次, 同時防治幼蟲及成蟲可達最佳防治效果(周, 1990; 李和曾, 2006)。由於小黑蚊滋生範圍廣泛, 不易進行全面性徹底防治, 唯有推動社區共同進行綜合防治, 才有機會減緩小黑蚊危害的窘境(李, 1996)。在蟲害防治擬定中斷標的昆蟲生活史的策略, 是經濟可行的策略, 開發防蚊液阻斷雌成蟲吸血產卵, 噴灑殺藻劑阻斷幼蟲取食, 減少灑水降低溼度等, 均曾於相關計畫中試驗並探討防治成效。在綜合防治策略中, 環境整頓可依地形地貌採行清除青苔或減少青苔生長的方式; 進行教育宣導宜進行居家裝設紗網及個人自身防護使用忌避劑等; 化學防治是對付小黑蚊最迅速及有效的防治方法, 須注意施藥間隔及次數, 施藥時需同時進行成蟲及幼蟲防治, 才能發揮藥劑防治的最佳效果(周, 1990; 李和曾, 2006)。除此之外, 化學傳訊物質(Semiochemicals)也可採行做為台灣缺蠓的防治策略。

文獻指出外寄生的 *Forcipomyia crinita* 的雄蟲會釋放 benzyl alcohol 類似物誘引雌蟲。*Culicoides nubeculosus* 則是雌蟲分泌費洛蒙誘集雄蟲, Kremer 等人(1979) 於 T 型管給予視覺及聲音的刺激, 證實 *Culicoides nubeculosus* 的雄蟲被刺激後會趨向誘引源進行交尾。周(1997)進行誘引試驗時提及台灣缺蠓的雌蟲會分泌費洛蒙誘引雄蟲, 黃(2013)於國科會報告中提及進行台灣缺蠓雌蟲費洛蒙的萃取。與台灣缺蠓同樣屬於蠓科(Ceratopogonidae)的 *Culicoides nubeculosus*, 和同是缺蠓屬 (*Forcipomyia*) 的 *Forcipomyia crinita* 均有分泌性費洛蒙的資料。台灣缺蠓群舞時與雌蟲交尾, 除了視覺外, 應該也有特定的化學傳訊素揮發在空氣中, 才得準確交尾。Brazil 等人(2009)研究雙翅目蛾蚋科(Diptera: Psychodidae)的白蛉子(sand fly, *Lutzomyia longipalpis*)發現, 不管在野外或是實驗室的觀察, 雄蟲在交尾前都會振翅, 這個現象與費洛蒙的釋放有關。雄蟲費洛蒙釋放腺體位於第 3 及第 4 節腹部背板下。雄蟲個體以正己烷浸泡、萃取及分析, 其費洛蒙的組成是複雜的, 包括 homosesquiterpenes (C16) or diterpenes (C20), 前者被鑑定出包括 3-methyl- α -himachalene 及 (S)-9-methylgermacrene-B, 後者則是兩個 cembrene 異構物。這些化合物具揮發性, 可吸引同種雌蟲進行交尾。Bray 等人於實驗室及野外以天然及合成的費洛蒙類似物進行誘集, 對雌成蟲均具誘引效果。(±)-9-methylgermacrene-B 這個合成的費洛蒙是取自植物中間產物, 在實驗室對雌成蟲具誘引效果, 經配製成適當劑型, 兼具誘引雄蟲的效果。

關於探討台灣鈇蠓誘引的研究方向，李等(2008)曾以市售蚊子誘捕器及誘捕劑(包括八烯醇及模擬人體的氣味)進行試驗，但效果遠都不如以人體誘集。杜等(2011)以 Y 型管測試，人類手掌對台灣鈇蠓的誘引力較小鼠強。關於吸血昆蟲的誘引因子多界定於被叮咬寄主的體溫、呼氣排放的二氧化碳及體表所散發的特殊氣味等。而這些體表氣味的形成與汗液、皮脂腺分泌物及皮膚表面的微生物群有密切關聯，如微生物分解後產生的脂肪酸及醇類等化合物，但誘集效果不顯著(黃，2013)。

台灣鈇蠓的成蟲體長約 1.4mm，雄蟲不吸血，羽化後只吸食露水或花蜜，羽化後第二天即可進行交尾，雌蟲羽化後應該也以露水或花蜜為食，羽化後第三天才會進行交尾，交尾後才會吸血產卵。於實驗室觀察產卵後(腹部萎縮)的雌成蟲須及時補充糖水才能提高存活率，因此在台灣鈇蠓活動範圍的草花、花蜜應該對台灣鈇蠓有誘引聚集的效果。Saripah (2013)的文獻提到在可可園周圍放置香蕉的假莖，野外 *Forcipomyia* spp. 的族群可以有效幫助可可樹授粉。Adjaloo 等人(2013)也提出在可可園布置適合 *Forcipomyia* spp. 生長的棲所可提高可可的產量。研究台灣鈇蠓產卵偏好，台灣鈇蠓偏好產卵在具有藍綠菌的產卵基質上，因此藍綠藻的揮發氣味中，可能存在誘引台灣鈇蠓產卵的物質(楊，2007；劉等，2008)。

另一類的誘引則著重於燈光波長及種類的設計，劉等(2009)研究台灣鈇蠓趨光行為及偏好光譜發現，雌蟲在早晨時段對光的刺激較不敏感，在中午及下午時段較為敏感，最敏感的波長為 330-340 nm；雄蟲在不同時段對光的刺激敏感度不具差異性，最敏感的波長為 370nm，雌蟲及雄蟲都偏好紫外光。陳(2012)探討發光二極體(LED 燈源)對台灣鈇蠓的誘集效果，波長在 390-400 nm 和 570-620 nm 的誘集效果最佳，波長在 800-850nm 和 850-900 nm 對台灣鈇蠓具趨避效果。

這些試驗多於田間進行，或自野外採集台灣鈇蠓攜回實驗室吸血後的第一子代進行，Longan and Birkett (2007)認為吸血性的雙翅目昆蟲多以特化的嗅覺系統接收並對環境中其他生物所產生的化學傳訊物質產生行為的反應，包括被誘引吸血、誘引產卵或被驅避。這些行為反應會跟台灣鈇蠓的生理條件息息相關。實驗室觀察到台灣鈇蠓的交尾率高會提高吸血率；以成功交尾的懷卵雌蟲進行產卵偏好試驗時，才能發現誘引產卵的最佳條件；要測試吸血昆蟲的最適人工血餐配方時，會先將供試昆蟲進行飢餓處理。本團隊在埃及斑蚊和熱帶家蚊的吸血試驗發現，剛羽化的雌蟲吸血率不高，因此為了解蚊蟲忌避劑的效果，多以 10-14 天的雌

成蟲進行忌避劑的試驗，未處理對照組雌蚊的吸血率可以達 80-90%，如此才能真正比較忌避劑的效果。台灣缺蠓的生理現象可能是會影響試驗結果，因此宜固定台灣缺蠓的羽化日齡才能正確評估應用化學傳訊物質防治台灣缺蠓的成效。

四、研究方法

(一)、台灣缺蠓的大量飼養

1. 建立小球藻培養最適條件，提供台灣缺蠓幼蟲足夠食物。

自嘉義大學淡水生物資源中心購入小球藻 (*Chlorella vulgaris*, CHL)，修改 BG-11 培養液培養，再以離心機分離濃縮藻液的沉澱物，可誘引台灣缺蠓產卵並做為幼蟲的飼料。

2. 確認台灣缺蠓飼養、交配、產卵、繼代繁殖的流程。

相關資料已發表: Yi-Pey Luo (2018, Dec). Establishing and maintaining colonies of *Forcipomyia taiwana* in the laboratory. *Journal of Vector Ecology*, 43 (2), 328-333.

(1) 台灣缺蠓產卵及幼蟲飼育：

製作飼育杯進行台灣缺蠓 (*Forcipomyia taiwana*) 飼養及繁殖，取直徑 8.2 公分，高 6.3 公分透明塑膠杯，於白色盒蓋挖 8mm 透氣孔並以細紗網覆蓋，塑膠背側壁 7mm 的接蟲孔，杯底開 3 個 1mm 的排水孔。將 75 cm³ 經滅菌乾燥處理的土壤，置於內徑 8.2 cm、高 6.3 cm 之塑膠飼養盒內，加入 12 ml 水，將土壤夯實後備用。於夯實的土壤滴加混合濃縮的綠藻液，將塑膠杯口以 100 目紗網覆蓋。取飽食血餐的雌性台灣缺蠓，經接蟲口置入飼養盒內產卵，飽食血餐三天後的台灣缺蠓即可產卵（圖 1）。用 T5 燈管，23W，6000K 的燈具，置於產卵杯的兩側，使兩組燈光均勻照射產卵杯（圖 2）。接入吸血成蟲 3 天待成蟲產卵後，移出成蟲和覆蓋的紗網，靜待卵孵化，卵期約 3 天，前 2 天只滴加清水保持濕度，孵化幼蟲繼續於飼育杯飼養孵化幼蟲以綠藻液餵食至化蛹（圖 3，圖 4），幼蟲期在 28°C 約 7 天，冬季溫度較低約需 9-10 天。蛹期約 3 天（圖 5）。將開始化蛹 3 天的飼育杯放入成蟲飼養籠，使台灣缺蠓成蟲自行羽化（圖 6）。

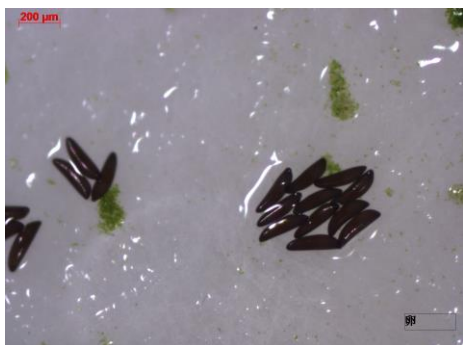


圖 1 小黑蚊的卵



圖 2 產卵杯及照光處理情形



圖 3 飼育杯及幼蟲飼養



圖 4 台灣鈇蠓幼蟲生長



圖 5 台灣鈇蠓化蛹情形



圖 6 雌成蟲(左)及雄成蟲(右)

(2) 台灣鈇蠓交尾行為觀察

將飼育杯放入成蟲飼養籠使台灣鈇蠓成蟲自行羽化(圖 7)，逐日收集並將雌雄成蟲分開，並將固定數量羽化的成蟲放入邊長 30 公分的養蟲籠進行交尾行為觀察(圖 8)，開燈時間為每天早上 8 點，關燈時間為每天下午 6 點，紀錄一天中各觀察時段的交尾情形率，不同羽化日的交尾情形及不同性比例的交尾情形(圖 9)。

在進行 14 次台灣鈇蠓交尾的觀察試驗，在開燈後第 1 小時及第 2 小時(早上 8 點到 10 點)的交尾對數最高(圖 10)，開燈前 1 小時也有一次觀察到有 5 對交尾，14 次獨立試驗總共觀察到 589 次交尾，共 1532 對供試台灣鈇蠓進行交尾試驗，交尾率平均值 38.3%。台灣鈇蠓在羽化後第 3 天的交尾數平均值最高，持續至第 8 天都有觀察到交尾情形(圖 11)。另外分別以雄蟲/雌蟲比例為 20/100、100/100 及 100/20 進行交尾行為觀察，3 次重複觀察的平均交尾次數分別為 65、60 及 13。三種不同組合雌蟲的平均交尾率分別為 65%、60%及 65%。



圖 7 羽化台灣缺蚊成蟲



圖 8 台灣缺蚊交尾觀察蟲籠



圖 9 台灣缺蚊交尾

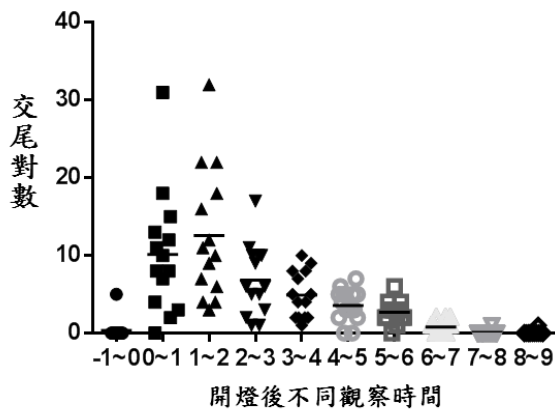


圖 10 開燈後各觀察時間的交尾數

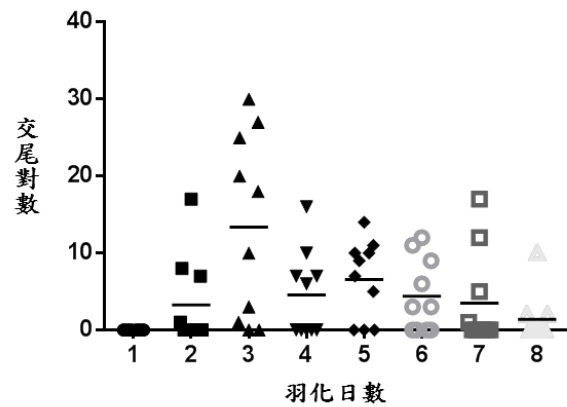


圖 11 羽化後不同日觀察的交尾數

(3) 台灣缺蚊人工餵血：

取新鮮豬血以冷凍乾燥機將豬血進行冷凍乾燥取得全血粉，進行小黑蚊餵血時將乾燥血粉加水稀釋還原後使用。也可將取回豬血以 -20°C 冰箱，解凍後使用。以直徑 5 公分玻璃培養皿裝盛還原的豬血放置於溫度設定攝氏 39 度的熱板上，將小黑蚊置入直徑 4.5 公分高 6 公分的壓克力管，一端以石蠟膜封住後置於加熱的豬血粉還原血上，進行台灣缺蚊的人工餵血(圖 12)。以人血餵飼小黑蚊雌成蟲，平均吸血率為 67%，單隻雌成蟲平均產卵數為 41 顆。產卵

後的雌成蟲再次供血，觀察到可連續產卵至第四次，第 2 次、第 3 次及第 4 次平均產卵數分別為 48 顆、65 顆及 43 顆。以冷凍豬血粉配置代血餵飼小黑蚊雌成蟲，平均吸血率為 68%，單隻雌成蟲平均產卵數為 55 顆。小黑蚊的吸血率受交尾率影響，高交尾率會提高小黑蚊的吸血率，野外剛採集回來族群的吸血率可高達 81%。取飽食血餐的雌性台灣缺蠓，經接蟲口置入飼養盒內產卵，進行累代飼養。

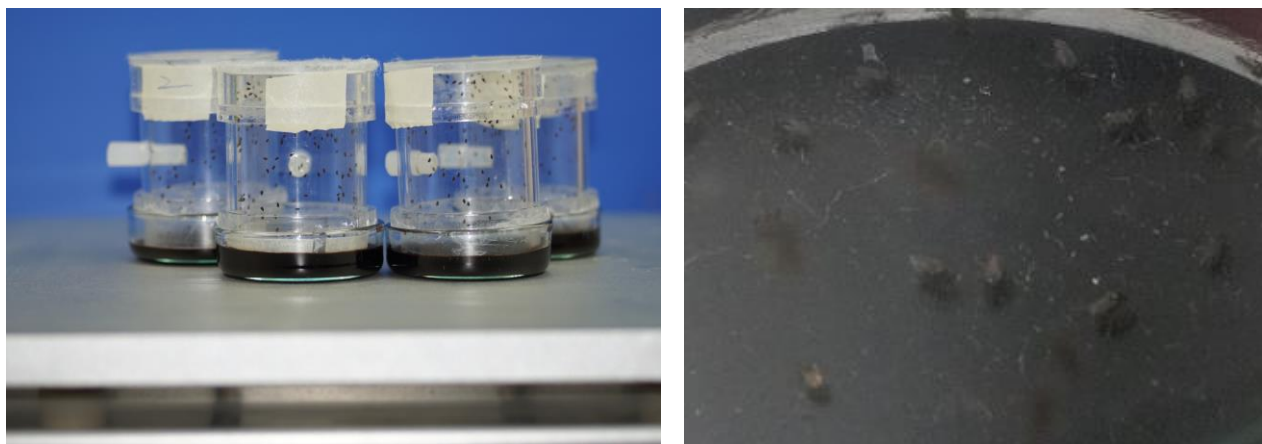


圖 12 台灣缺蠓人工餵血

(二)、以嗅覺測試平台進行化學傳訊物質對台灣缺蠓誘引試驗

1. 供試台灣缺蠓

將台灣缺蠓的蛹放入觀察箱，紀錄羽化日期，並觀察羽化雌雄成蟲是否進行交尾，成蟲供給清水與 10% 蜜糖水，取羽化後 9-12 日齡雌蟲進行誘引試驗。

2. 台灣缺蠓的嗅覺測試平台誘引試驗裝置

誘引試驗裝置放置於客製化的抽氣櫃中，取 30 x 30 x 30 公分的壓克力箱觀察箱設計建置台灣缺蠓的嗅覺誘引測試平台(圖 13)，在觀察箱上方的通道架設電風扇抽氣，使氣流由觀察箱兩側通道進入箱內後而向上排出。於左右兩側通道設有閘門，閘門外裝置附紗網的連通管做為觀察區，再銜接一個套環，再放置另一個連通管做為試驗區，分別於一側試驗區的連通管放置誘引物質或手為處理區，另一側試驗區連通管為對照區。試驗開始前先關閉閘門，將 30 隻已交尾台灣缺蠓雌蟲移入觀察箱內，再將手伸入或放置待測誘引物質於試驗處理區的連通管，將兩側閘門同時開啟，計算記錄台灣缺蠓通過閘門飛向觀察區連通管的數量，每分鐘觀察記錄一次，持續觀察 5-10 分鐘，以觀察期間內最大被誘引數量除以進行試驗雌蟲總數，計算誘引率(%)。誘引率(%)=(觀察期間內最大被誘引數量/進行試驗雌蟲總數) × 100%。

再以各化學物質誘引率相對於手掌誘引率計算出誘引指數，誘引指數可以觀察到化學物質相對於人體對台灣缺蠊的誘引效果

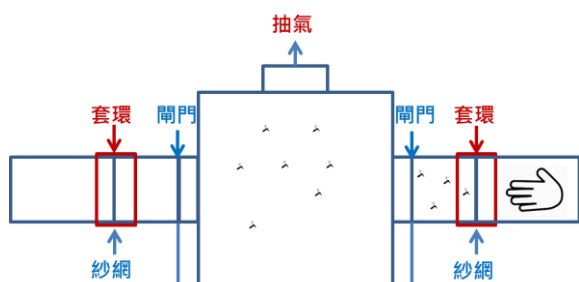


圖 13. 台灣缺蠊的誘引試驗裝置示意圖

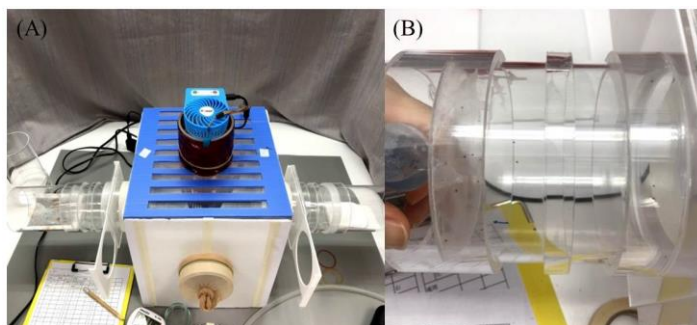


圖 14.(A)誘引試驗裝置。(B)受試者手握裝有熱水之離心管進行誘引，並計算通過閘門之台灣缺蠊之數量。

3. 誘引物質配製

第一階段試驗篩選 20 種化學物質及不同處理濃度對台灣缺蠊的誘引效果，測試二樣化碳流速介於 0.5~4 L/min 對台灣缺蠊的誘引率。其他 19 種供試誘引物質包括乳酸 (Lactic acid)、左旋乳酸 (L(+)-lactic acid)、氨水 (Ammonia hydroxide)、丙酮 (Acetone)、碳酸氫銨 (Ammonium bicarbonate)、異戊酸 (Isovaleric acid)、棕櫚油酸 (Palmitoleic acid)、八烯醇 (1-Octen-3-ol)、油酸 (Oleic acid)、丁酸 (Butyric acid)、戊酸 (Valeric acid)、己酸 (Hexanoic acid)、壬酸 (Nonanoic acid)、棕櫚酸 (Palmitic acid)、硬脂酸 (Stearic acid)、亞油酸 (Linoleic acid 99%)、花生酸 (Arachidic acid)、二十二酸 (Behenic acid) 及芥酸 (Erucic acid)。各測試物質分別以 RO 水、75% 乙醇及 99% 乙醇進行稀釋。在玻璃培養皿內放置直徑 5.5 cm 濾紙，滴加 200 ul 待測物稀釋液於濾紙上，再放於處理區的圓形管，測試對台灣缺蠊的誘引率，對照區圓形管的濾紙滴加等體積的稀釋溶劑。

第二階段試驗針對具誘引劑開發潛力的化學物質進行重複試驗，採用玻璃製的觀察箱及圓形筒，每次試驗都進行手掌誘引的對照試驗。測試花生酸 (0.01%)、八烯醇 (0.01 ppt)、棕櫚油酸 (0.01%)、棕櫚酸 (10%)、二十二酸 (1%)、硬脂酸 (1%)、異戊酸 (0.0001 ppt)、亞油酸 (1%)、芥酸 (10 ppb)、碳酸氫銨(10%)等物質對台灣缺蠊的誘引率。另外測試乳酸和碳酸氫銨混合物(13%、5%)及乳酸鈉和碳酸氫銨混合物(13%、5%)對台灣缺蠊的誘引率。以各化學物質誘引率相對於手掌誘引率計算出誘引指數，分別以 SPSS 統計軟體進行變方分析

(Analysis of variance, ANOVA)，並以 Duncan' test 進行檢定，比較各個誘引物質對台灣缺蠓雌成蟲誘引率及誘引指數的差異性。

五、結果與討論（含結論與建議）

第一階段測試結果顯示，二氧化碳釋放流速介於 0.5~4 L/min 的誘引率皆低於 10%。、氨水、乳酸及左旋乳酸在各測試濃度對台灣缺蠓的誘引率多低於或等於 10% (圖 15)。丙酮、油酸、丁酸、戊酸、己酸及壬酸等在各測試濃度對台灣缺蠓的誘引率也多低於 10% (圖 16)。其他八烯醇和較長鏈的脂肪酸包括異戊酸、棕櫚油酸、棕櫚酸、硬脂酸、亞油酸、花生酸、二十二酸、芥酸及碳酸氫銨，部份測試濃度誘引率高於 10%，甚至可以達到 30% 的誘引率 (圖 17，圖 18)。

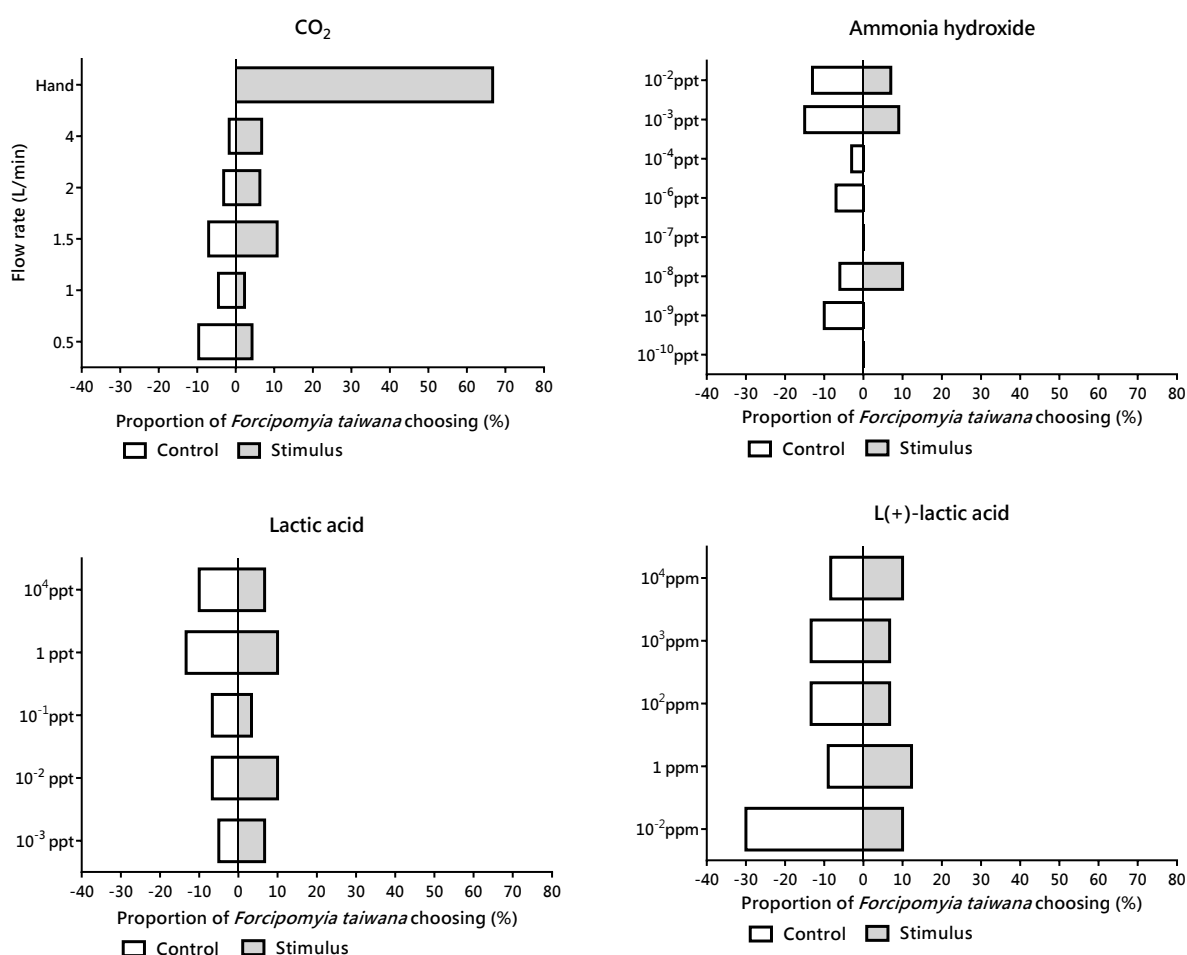


圖 15.以嗅覺測試平台進行不同濃度二氧化碳、氨水、乳酸及左旋乳酸對台灣缺蠓雌成蟲對誘引試驗。

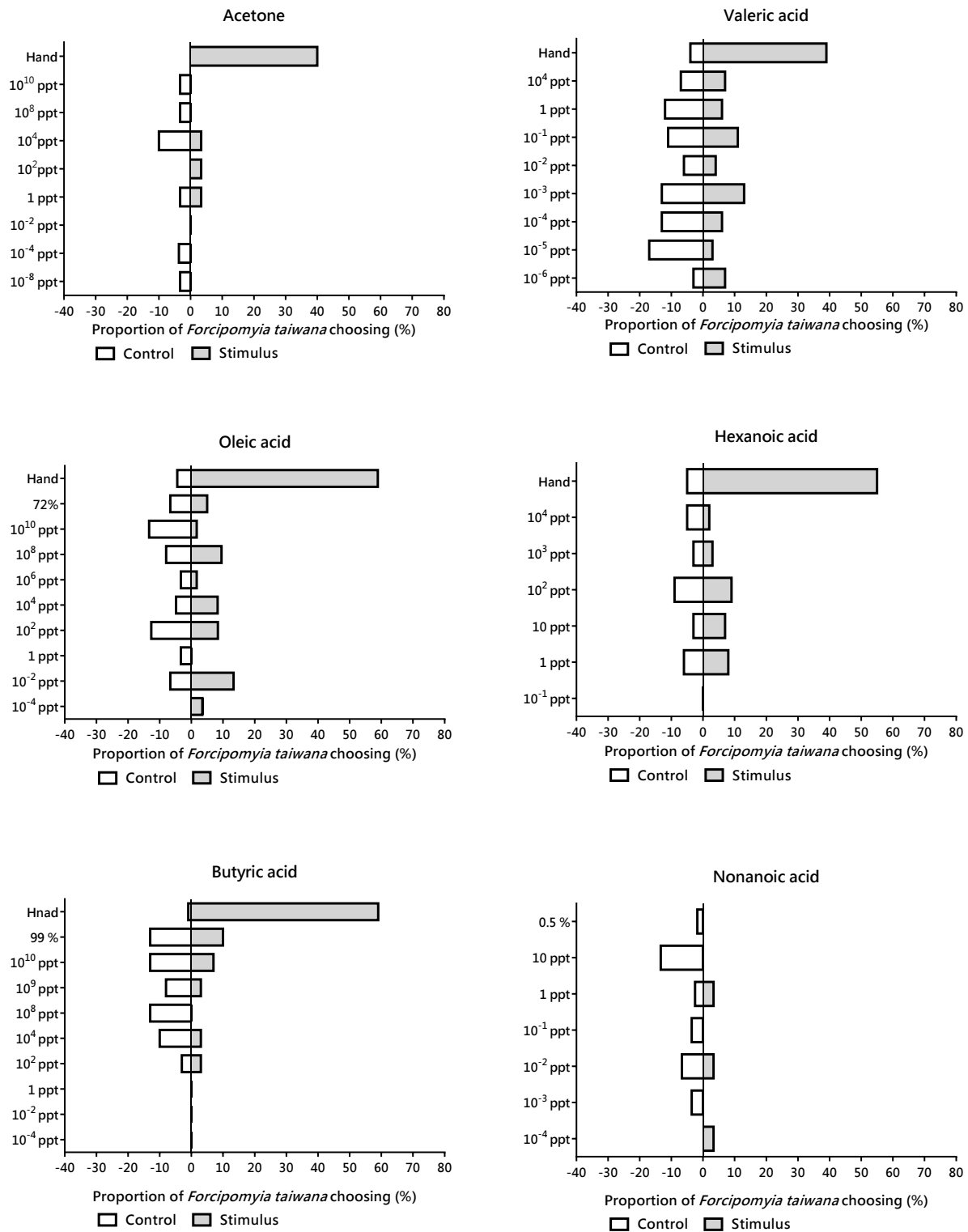


圖 16.以嗅覺測試平台進行不同濃度丙酮、油酸、丁酸、戊酸、己酸及壬酸對台灣缺蠓雌成蟲對誘引試驗。

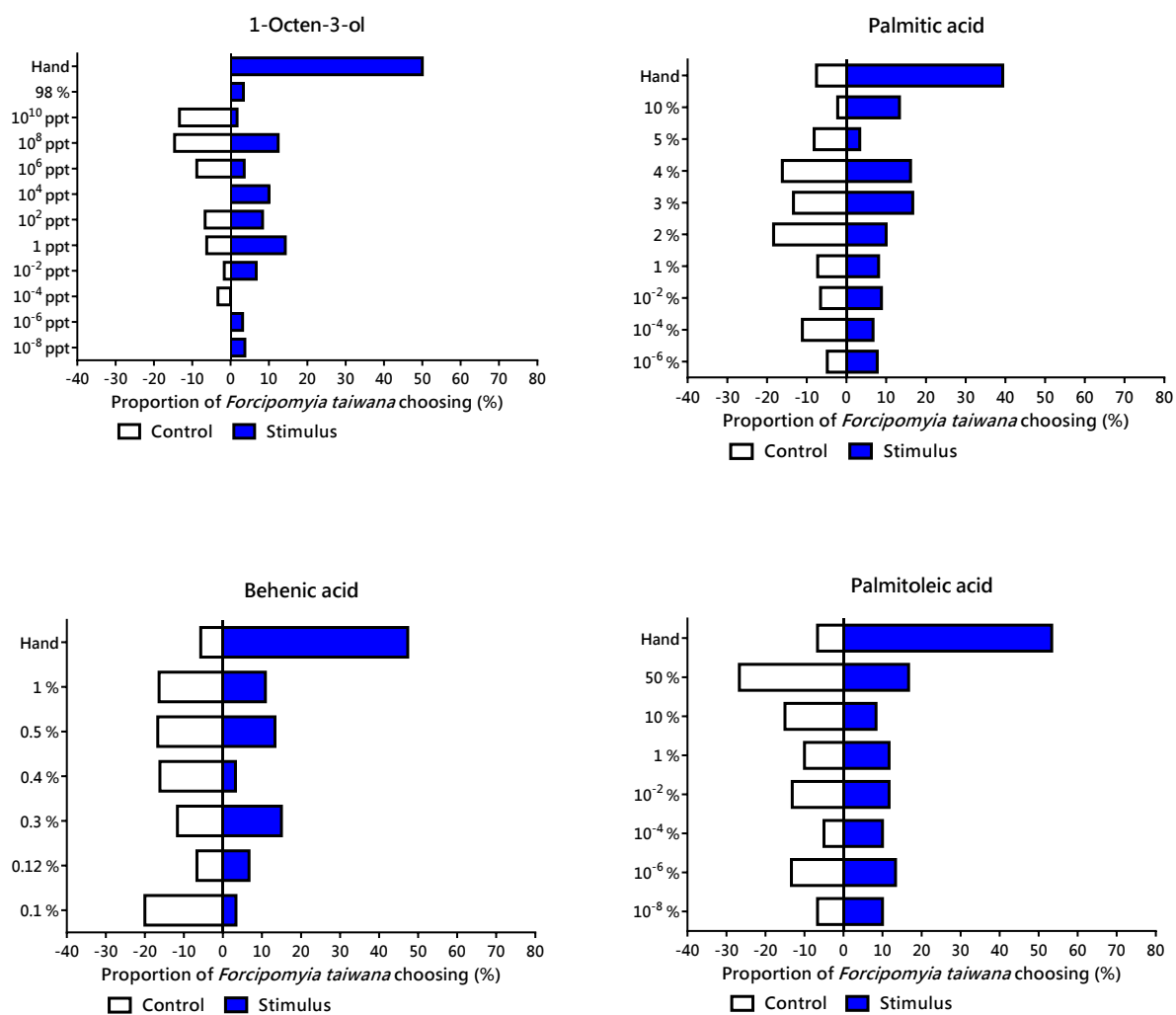


圖 17.以嗅覺測試平台進行不同濃度其他八烯醇、二十二酸、棕櫚酸及棕櫚油酸對台灣缺蠓雌成蟲對誘引試驗。

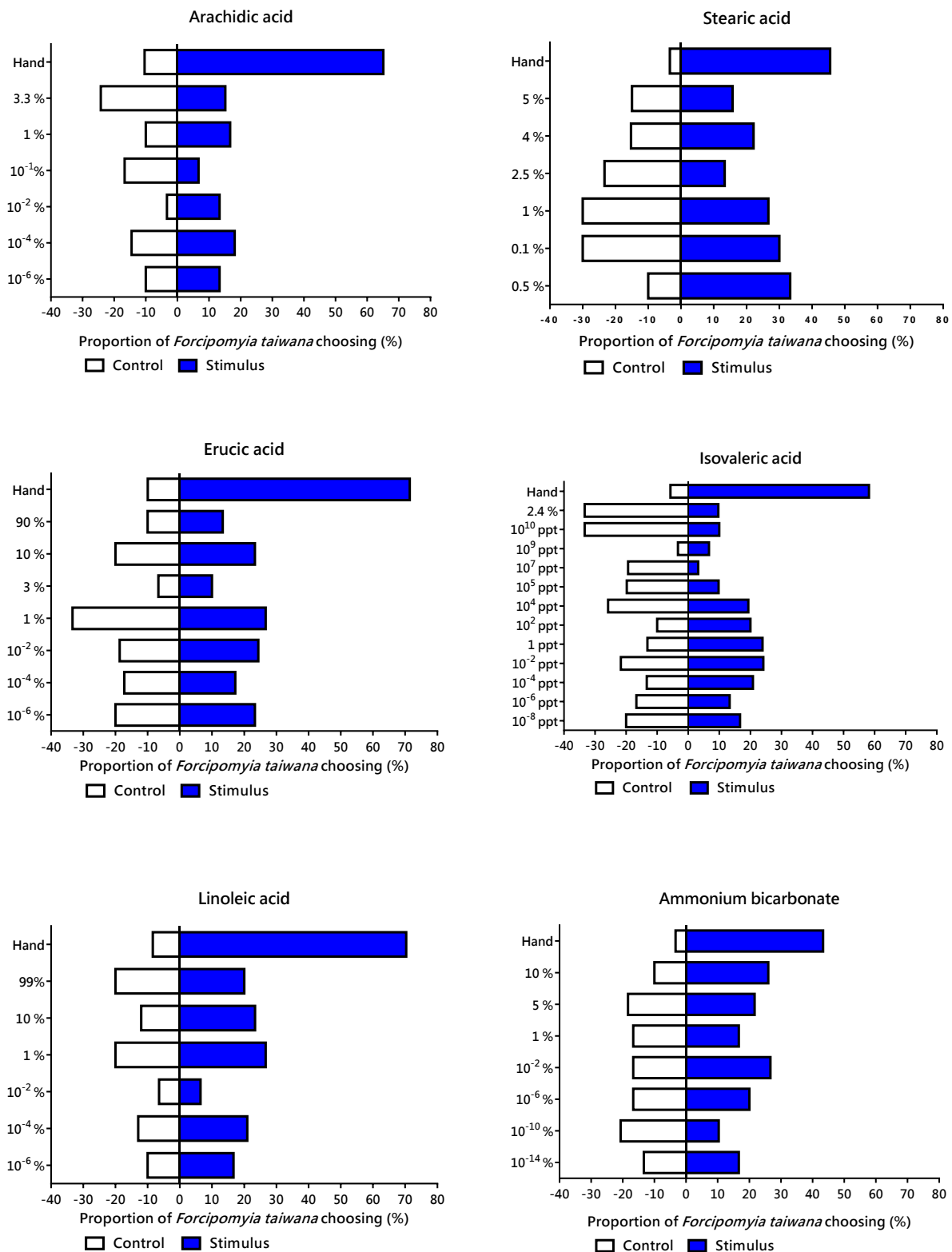


圖 18.以嗅覺測試平台進行不同濃度花生酸、芥酸、亞油酸、硬脂酸、異戊酸及碳酸氫銨對台灣銼蠓雌成蟲對誘引試驗。

第二階段結果顯示，最佳誘引效果的測試物及組合分別是碳酸氫銨 (10%)、乳酸鈉及碳酸氫銨混合物 (13%、5%)及芥酸 (10 ppb)，誘引指數約可以達到以人體誘引效果的 61~68%，誘引指數介於 0.61~0.68，深具開發潛力。棕櫚油酸 (0.01%)、棕櫚酸 (10%)、二十二酸 (1%)、硬脂酸 (1%)、異戊酸 (0.0001 ppt)、亞油酸 (1%)、乳酸及碳酸氫銨混合物 (13%、5%) 的誘引效果不具差異性，花生酸 (0.01%) 及八烯醇 (0.01 ppt) 的誘引效果最差(表一)。

表一、化學物質對台灣缺蠅雌成蟲對的誘引試驗。

Stimulus (concentration)	Attract response (Mean±SEM*)	
	Catch rate	Catch index
Arachidic acid (0.01%)	0.18±0.02 ^d	0.29±0.03 ^b
Octenol (0.01 ppt)	0.18±0.03 ^d	0.31±0.06 ^b
Palmitoleic acid (0.01%)	0.23±0.07 ^{cd}	0.32±0.10 ^b
Palmitic acid (10%)	0.23±0.07 ^{cd}	0.35±0.10 ^b
Behenic acid (1%)	0.28±0.05 ^{cd}	0.38±0.07 ^b
Lactic acid (13%)+Ammonium bicarbonate (5%)	0.30±0.15 ^{cd}	0.39±0.19 ^b
Stearic acid (1%)	0.26±0.08 ^{cd}	0.40±0.12 ^b
Isovaleric acid (0.0001 ppt)	0.26±0.02 ^{cd}	0.41±0.03 ^b
Linoleic acid (1%)	0.28±0.06 ^{cd}	0.47±0.10 ^b
Sodium lactate (13%)+Ammonium bicarbonate (5%)	0.48±0.11 ^a	0.61±0.18 ^a
Erucic acid (10 ppb)	0.36±0.08 ^{bc}	0.67±0.14 ^a
Ammonium bicarbonate (10%)	0.44±0.12 ^{ab}	0.68±0.16 ^a

試驗結果顯示，篩選出可誘引台灣缺蠅的化學傳訊物質，可被應用做為防治策略台灣缺蠅的之一，在台中大坑測試誘蟲燈可以採集到台灣缺蠅成蟲，若加入具誘引效果的化學傳訊素並設計加溫溫裝置及燈光，將進一步於網室進行模擬田間誘引試驗，評估誘引效果。

六、 參考文獻

- Adjaloo M, Banful BKB, Oduro W. 2013. Evaluation of breeding substrates for cocoa pollinator, *Forcipomyia* spp. and subsequent implications for yield in a tropical cocoa production system. *Am J Plant Sci.* 4:203-210.
- Brazil RP, Caballero NN, Hamilton JGC. 2009. Identification of the sex pheromone of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Diptera: Psychodidae) from Asunción, Paraguay. *Parasit Vectors.* 2:51.
- Chen CS, Hsu SJ, Lien JC. 1982. Seasonal succession of a bloodsucking midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae) in the Hualien area. *NTU Phytopathol Entomol.* 9: 68-91. (in Chinese with English summary).
- Chen CS, Lien JC, Lin YN, Hsu SJ. 1981. The diurnal biting pattern of a bloodsucking midge *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera, Ceratopogonidae). *Chin J Microbiol Immunol.* 14: 54-56.
- Chen CS, Lin YN, Chung CL, Hung H. 1979. Preliminary observations on the larval breeding sites and adult resting places of a bloodsucking midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae). *Bull Soc Entomol Natl Chung Hsing Univ* (Taiwan, Taichung). 14: 51-59.
- Chuang YY, Lin CS, Wang CH, Yeh CC. 2000. Distribution and seasonal occurrence of *Forcipomyia taiwana* (Diptera: Ceratopogonidae) in the Nantou area in Taiwan. *J Med Entomol.* 37: 205-209.
- Kremer M, Ismail MT, Rebholtz C. 1979. Detection of a pheromone released by the females of *Culicoides nubeculosus* (Diptera, Ceratopogonidae) attracting the males and stimulating copulation. *Mosquito News.* 39: 627-631.
- Lawyer P, Killick-Kendrick M, Rowland T, Rowton E, Volf P. 2017. Laboratory colonization and mass rearing of phlebotomine sand flies (Diptera, Psychodidae). *Parasite.* 24: 42. doi: 10.1051/parasite/2017041. Epub 2017 Nov 15.
- Lien JC, Huang TC, Lin YN, Lu LC. 1988. Rearing of the larvae of *Forcipomyia* species with

- GB-11 agar-plate culture of the blue-green alga, *Anabaena* HS101. *J Parasitol.* 1: 183-184.
- Liu, CW, Ting EC, Tsai LL, Liang YK. 1964. Observation on the breeding habits of *Lasiohelea taiwana* Shiraki. *Acta Entomol Sin.* 13: 757-760.
- Logan JG, Birkett MA. 2007. Semiochemicals for biting fly control: their identification and exploitation. *Pest Manage Sci.* 63: 647-657.
- Luo YP. 2018. Establishing and maintaining colonies of *Forcipomyia taiwana* in the laboratory. *J Vector Ecol.* 43 (2): 328-333.
- Saripah B. 2013. Population enhancement of cocoa pollinator, *Forcipomyia* spp. Malaysian International Cocoa Conference. 7th & 8th October, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Shiraki T. 1913. Investigation on general injurious insects. *Taiwan Sotokufu Noji Shikenjo Tokubetsu Hokodu.* 8: 286-297.
- Sun WKC. 1967. Study of a biting midge, *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana* (Shiraki) (Diptera: Ceratopogonidae). I. Description of the complete life cycle of the midge reared in the laboratory. *Biol Bull Tunghai Univ* (Taiwan, Taichung). 29: 1-10.
- Sun, WKC. 1974. Laboratory colonization of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae). *J Med Entomol.* 11: 73-79.
- Tan JX, Xue JM, Ke W. 1989. Observation on the blood-sucking and reproduction of *Forcipomyia (Lasiohelea) taiwana*. *Acta Entomol Sinica.* 32: 52-57. (in Chinese with English summary).
- Yeh CC, Chuang YY. 1996. Colonization and bionomics of *Forcipomyia taiwana* (Diptera: Ceratopogonidae) in the laboratory. *J Med Entomol.* 33:445-448.
- 王惠鵬。1997。南投地區台灣鉅蠓之化學防治。國立中興大學昆蟲系碩士論文。
- 何德明、林宗岐、溫育德、王瑋龍。2009。小黑蚊雌蟲產卵偏好與藻類之關係。小黑蚊之發生、生態及防治研討會。行政院環境保護署。17-18 頁。
- 李學進、曾國政。2006。小黑蚊之危害及防治。環境衛生用藥疾病媒防治技術研討會論文集。265-280 頁。
- 李學進。1996。小黑蚊的生態與綜合防治。第九屆病媒防治技術研討會論文集。行政院環境保護署。151-157 頁。

- 李憲明、林玉婷、吳正男、林春福。2008。小黑蚊的誘引劑與忌避劑研發。2008 小黑蚊之發生、生態及防治研討會論文集。53-56 頁。
- 杜武俊、陳文華。2011。小黑蚊生態學與綜合防治技術之研發-台灣缺蠓雌蟲寄主搜尋與產卵行為之研究（第3年）。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 周延鑫。1997。小黑蚊防治實務研究—小黑蚊的誘引防治試驗。行政院環境保護署期末報告。
- 周欽賢。1990。如何防治小黑蚊。台灣環境衛生。54-56 頁。
- 林春福、李憲明、吳正男、杜武俊。2008。小黑蚊綜合防治技術。。2008 小黑蚊之發生、生態及防治研討會專刊。台灣昆蟲特刊第十一號。65-73 頁。
- 陳珮琇。2005。食物及濕度對台灣缺蠓 *Forcipomyia taiwana* (雙翅目:蠓科)發育之影響。國立中興大學昆蟲系碩士論文。
- 陳錦玄。2012。植物萃取物及發光二極體(LED)光波對台灣缺蠓(*Forcipomyia taiwana* Shiraki)誘引及驅避效果之探討。國立中興大學農藝系碩士論文。
- 黃紹毅。2013。小黑蚊防治技術之研發-人體表揮發物及性費洛蒙對小黑蚊誘引與忌避之研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 楊曉峰。2007。土壤因子對台灣缺蠓成蟲產卵及幼蟲發育的影響。國立中興大學昆蟲系碩士論文。
- 劉文勇、李學進、王瑋龍。2008。台灣缺蠓（雙翅目：蠓科）飼育技術之探討。台灣昆蟲 28：181-193
- 劉文勇、楊恩誠、李學進。2009。台灣缺蠓屈光行為之偏好光譜。台灣昆蟲。29:61-71。
- 譚璟憲、薛景珉、柯衛。1989。台灣缺蠓吸血和升值的觀察。中國昆蟲學報。32：52-57。
- 謝伯岳。2007。台灣缺蠓 *Forcipomyia taiwana* (Shiraki) 的產卵習性、棲群動態與對昆蟲生長調節劑感受性之研究，國立中興大學昆蟲系碩士論文。

108年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：羅怡珮			計畫編號：108-2321-B-041-001-		
計畫名稱：應用化學傳訊物質防治台灣缺蟻					
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)
國內	學術性論文	期刊論文	1	篇	台灣昆蟲投稿中
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
國外	學術性論文	期刊論文	0	篇	
		研討會論文	0		
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)					